昆 虫 学 报 *Acta Entomologica Sinica*, August 2007, 50(8):775－781 ISSN 0454-6296

六种昆虫生长调节剂对葱蝇生长发育和繁殖力的影响

宋增明，薛　明*，王洪涛
（山东农业大学植物保护学院昆虫系，山东泰安　271018）

摘要：用灭蝇胺、氟铃脲等6种昆虫生长调节剂和对比药剂辛硫磷 LC_{40-50} 浓度处理葱蝇1龄和3龄幼虫，观察对其生长发育和繁殖的影响，并且研究了葱蝇成虫取食药剂对其繁殖力的控制效应。结果表明：6种药剂中除虫酰肼外，其余都对葱蝇幼虫发育历期、化蛹率、成虫产卵前期、成虫寿命、产卵量有很大影响，对其生长发育和繁殖表现出显著不利性。其中灭蝇胺和氟铃脲处理1龄幼虫后，存活幼虫的历期和成虫产卵前期各延长3天，化蛹率降低26.7%～30.0%，成虫寿命缩短22.3～24.3天，产卵量降低35.5%～49.9%；处理3龄幼虫主要导致产生畸形蛹，且正常羽化的成虫寿命降低18.0～20.67天，产卵量降低45.7%～57.8%。成虫连续取食用牛奶稀释的2 000倍的药液，能导致产卵前期延长、产卵量减少、卵孵化率降低，幼虫死亡率极高，达95%以上。结果提示，利用成虫补充营养的特性，将灭蝇胺和氟铃脲等混入牛奶或糖水中诱集成虫取食，可有效降低成虫的繁殖力，有助于实现对葱蝇的无公害治理。

关键词：葱蝇；昆虫生长调节剂；生长发育；繁殖力
中图分类号：Q968　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：0454-6296(2007)08-0775-07

Effects of six insect growth regulators on the growth, development and reproduction of *Delia antique* (Meigen) (Diptera: Anthomyiidae)

SONG Zeng-Ming, XUE Ming*, WANG Hong-Tao (Department of Entomology, College of Plant Protection, Shandong Agricultural University, Tai'an, Shandong 271018, China)

Abstract: The effects of six IGRs in LC_{40-50} concentration on development and adult fecundity of onion maggot, *Delia antique* (Meigen) (Diptera: Anthomyiidae) were observed by treating the 1st and 3rd larvae of onion maggot with phoxim as a control. Adult fecundity was also investigated through continuous feeding the adults on milk solution with different IGRs. The results showed that, except tebufenozide, the other 5 IGRs had obviously adverse effects on larval development periods, pupation rate, pre-oviposition periods, adult longevity and eggs laid per female. Both larval development period and pre-oviposition period were prolonged by about 3 days, pupation rate was reduced by 26.7%－30.0%, adult longevity was decreased by 22.3－24.3 days and eggs laid per female was reduced by 35.5%－49.9% when the 1st instars were treated with cyomazine and hexaflumuron. Whereas, when the 3rd instars were treated with these two IGRs, deformed pupae without resulting in larval death was observed, eggs laid per female was reduced by 45.7%－57.8% and adult longevity was shortened by 18.0－20.67 days. Feeding the adults with milk solution with different IGRs in 1:2000 (IGR: milk) prolonged pre-oviposition period, decreased eggs laid per female and egg hatchability, remarkably increased mortality of 1st instar larvae which was as high as more than 95%. The results indicated that, taking advantage of the adult trait of nutrient supplement, cyromazine and hexaflumuron could be added into milk or sugar solution to lure the adult to reduce its fecundity effectively, which could make the environment-friendly management of onion maggot come true.

Key words: *Delia antique*; insect growth regulator; growth and development; fecundity

---

基金项目：山东省科技厅项目(012010106)
作者简介：宋增明，男，1978年生，山东聊城人，现于中国科学院动物研究所攻读博士学位，研究方向为生态学，E-mail: songzm@ioz.ac.cn
* 通讯作者 Author for correspondence, Tel.: 0538-8249349; E-mail: xueming@sdau.edu.cn
收稿日期 Received: 2006-02-08；接受日期 Accepted: 2007-06-15

葱蝇 *Delia antiqua* (Meigen)，又称蒜蛆，属双翅目花蝇科，是为害百合科蔬菜的重要地下害虫，广泛分布于北半球温带地区(北纬 35°～60°)为世界性大害虫(Jones and Jones, 1984)。在世界各地该虫以危害圆葱最重(Straub and Davis, 1978; Taylor *et al*., 2001)，国内则以特色蔬菜大蒜受害严重(Ellis and Eckenrode, 1979; 王永卫和徐继明, 1990; 黄允龙和王新华, 1995)。在我国北方大蒜上，该虫在春季 4、5 月以幼虫蛀食寄主地下根茎，可导致地上部分整株枯死，大蒜死苗率一般在 20%～30%，严重者达 50%以上，尤其在山东苍山和金乡大蒜产区，该虫常年发生并危害严重，给大蒜生产带来严重的威胁(张洪才, 1994; 金保丽和曲艳霞, 2005)。目前国内防治葱蝇主要依靠有机磷类杀虫剂，如辛硫磷和毒死蜱灌根处理，而大量使用化学农药又带来产品和环境的污染问题。国外近年来已有使用昆虫生长调节剂、生物源农药或利用致病线虫防治该虫的报道(Hayden and Grafius, 1990; Yildrim and Hoy, 2003; Nault *et al*., 2006)，但关于昆虫生长调节剂对葱蝇的持续控制作用研究国内外现尚无报道。

昆虫生长调节剂被称为无公害农药，具有生物活性高、杀虫专一，对人畜及非靶标生物安全，在环境中易降解等优点，在害虫的无公害治理中具有重要的应用价值(冷欣夫, 1994; Dabire *et al*., 1999)。作者前期研究证明灭蝇胺等昆虫生长调节剂对葱蝇幼虫具有良好的控制效果，并且持效期长(宋增明等, 2004)。为了进一步探明灭蝇胺等昆虫生长调节剂以 LC_{40-50} 剂量处理葱蝇幼虫时对其生长发育和生殖能力的影响，以及成虫取食药剂后对后代的持续影响，提供该类药剂可有效控制葱蝇的理论基础，特进行了本试验。

1 材料与方法

1.1 供试昆虫

葱蝇幼虫采自山东省泰安市郊区范镇大蒜田，在温度(21±1)℃，光周期 L:D=16:8，相对湿度 80%的光照培养箱内，在不接触农药条件下用圆葱头连续饲养繁殖 3 年多代后作为试虫。

1.2 供试药剂

40%辛硫磷乳油(山东鲁南农药股份有限公司)；5%氟啶脲乳油(抑太保，日本石原产业公司)；5%虱螨脲乳油(先正达农药公司)；5%氟铃脲乳油(山东恒东农药股份公司)；5%氟虫脲乳油(卡死克，英国壳牌公司)；20%虫酰肼悬浮剂(米满，美国陶氏益农公司)；75%灭蝇胺可湿性粉剂(浙江永嘉禾益农药厂)。

1.3 试验方法

1.3.1 对 1 龄幼虫的处理和观察方法 采用药液定量滴加法，将药剂用清水稀释成 LC_{40-50} 浓度，分别挑取孵化 24 h 后的 1 龄幼虫各 20 头，放入铺有滤纸的直径 9 cm 的培养皿中，用毛笔将幼虫聚集在一起，以便均匀接触药液，用微量移液器向虫体上滴加 500 μL 药液，流失的多余药液被滤纸吸收，可使幼虫继续接触药剂。再浸渍长 1 cm 直径 0.5 cm 的圆葱茎 1 段，放入培养皿内做饲料，重复 4 次，以清水处理作对照。每种药剂按相同方法另扩大处理 100 头幼虫，以便补充虫源，避免出现存活成虫性别单一。处理后的试虫保存在温度(21±1)℃，光周期 L:D=16:8，相对湿度 80%的光照培养箱内，144 h 后检查幼虫存活数，计算幼虫存活率。

将存活的幼虫用圆葱段连续饲养，饲养条件同前，观察记录幼虫发育天数、化蛹时间、化蛹数量、畸形蛹数、正常成虫数，计算存活幼虫的历期、化蛹率、和成虫羽化率。化蛹率为正常化蛹数除以 LC_{40-50} 剂量处理后的存活幼虫数；成虫羽化率以羽化的成虫数除以正常蛹数量。

成虫羽化后，在每个马灯罩内饲养 4 对成虫，同时饲喂新鲜牛奶、糖水和清水(McDonald and Borden, 1996)，每日更换。在马灯罩中放入一产卵盒(塑料盒，3.0 cm×1.5 cm，其中放置细沙，中间插一蒜瓣)，饲养条件同前。每日观察产卵情况，将产卵盒及其中的细沙、蒜瓣一起放入水盆中，轻轻搅拌，多次漂洗直至所有卵浮于水面，用铜纱网过滤、收集于培养皿中，检查记录卵数。自产卵之日起，每 3 天检查一次产卵量，至成虫产卵结束止，记录成虫产卵前期，计算单雌产卵量。葱蝇开始产卵后的第 6 天、12 天、24 天，分别收集对照或处理组成虫产的卵 20～40 粒，放入培养皿内，皿内铺滤纸保湿，观察孵化数，计算卵孵化率；连续观察记载成虫死亡时间和数量，计算成虫寿命。重复 4 次。

1.3.2 对 3 龄幼虫的处理和观察方法：采用浸渍法，用浸虫器测定，将药剂用水稀释成 LC_{40-50}(以预试中正常化蛹数作为存活虫数计算)浓度，分别选取蜕皮后 24 h 的 3 龄幼虫各 20 头，放入浸虫器内，将之在药液中浸渍 3 s，取出后放入直径 9 cm 的培养皿中，供以适量浸药的圆葱茎做饲料，每一处理重复 4 次，以清水作对照。每种药剂按相同方法扩大处

理 100 头幼虫，以便补充虫源，避免出现存活成虫性别单一。处理后的试虫按上述方法在光照培养箱内饲养，观察记录其化蛹的时间、化蛹数、畸形蛹数，正常羽化的成虫数，计算幼虫历期、化蛹率、正常化蛹率和成虫羽化率。

将羽化成虫放在马灯罩内饲养，饲养和观察记录方法同上，计算成虫产卵前期、成虫寿命、产卵量和卵孵化率。

1.3.3　葱蝇成虫取食药剂对其生殖力的影响：分别将刚羽化的成虫 4 对，放入马灯罩内饲养，饲养条件同上。将供试药剂分别用牛奶稀释 2 000 倍饲喂成虫，并放置清水和产卵盒，供成虫饮水和产卵，2 天更换一次含药剂的牛奶，至第 7 天改用纯牛奶饲喂。每一处理重复 4 次，用饲喂不含药剂的牛奶作对照。处理至第 4 天起，每天检查记录成虫产卵情况；自成虫产卵开始，每 2 天收集一次卵，记录产卵量；产卵后的第 6 天、12 天、24 天，分别收集对照和处理组成虫产的卵 20～40 粒，4 个重复，放入培养皿内，皿内铺滤纸保湿，观察孵化数，计算卵孵化率。初孵幼虫饲养方法同上，观察幼虫死亡数。计算成虫产卵前期、产卵量、卵孵化率和幼虫存活率。

1.4　数据统计分析

采用 SPSS 11.0 软件的 Compare Means One-way ANOVA 过程分析，作图采用 Excel 处理。

2　结果与分析

2.1　6 种昆虫生长调节剂处理葱蝇 1 龄幼虫对其生长发育和存活率的影响

2.1.1　对生长发育和存活率的影响：从表 1 可以看出，6 种昆虫生长调节剂处理葱蝇 1 龄幼虫 144 h 后的存活幼虫，灭蝇胺、氟铃脲和虱螨脲处理的幼虫的历期分别达 18.77 天，18.43 天和 18.17 天，较对照 15.50 天延长 3 天左右；氟啶脲和氟虫脲处理的幼虫历期也分别延长 1.4 天和 1.5 天；虫酰肼和辛硫磷处理的幼虫历期与对照无明显差异。

6 种昆虫生长调节剂处理葱蝇 1 龄幼虫后的存活幼虫不仅导致发育历期延长，且对幼虫化蛹率也有显著影响，氟铃脲处理的幼虫化蛹率最低，仅为 63.3%；其次为灭蝇胺 65.7%；虱螨脲、氟虫脲和氟啶脲 3 个处理的化蛹率分别为 72.0%、77.7% 和 81.0%，也显著低于对照 96.3%。辛硫磷和虫酰肼处理的幼虫化蛹率与对照差异不明显。各处理间成虫羽化率达 92.0%～94.0%，与对照和辛硫磷处理的差异不大。说明 6 种昆虫生长调节剂除虫酰肼外，对葱蝇的幼虫发育历期和化蛹率有显著不利影响。

表 1　6 种昆虫生长调节剂 LC_{40-50} 浓度处理 1 龄幼虫对其幼虫历期、化蛹率和羽化率的影响

Table 1　Effect of six IGRs in LC_{40-50} concentrations on the larval duration, pupation rate and emergence rate of *Delia antique* with its 1st instar larvae treated

药剂 Insecticides	总试虫数(头) Number of larvae tested	幼虫历期(天) Larval duration (d)	化蛹率 Pupation rate (%)	羽化率 Emergence rate (%)
对照 CK	80	15.50 ± 0.70 c	96.33 ± 0.88 a	96.67 ± 1.67 a
辛硫磷 Phoxim	80	15.03 ± 1.03 c	95.67 ± 1.20 a	95.33 ± 1.45 a
氟啶脲 Chlorfluazuron	80	17.03 ± 1.13 b	81.00 ± 2.081 b	92.33 ± 0.88 b
虱螨脲 Lurfenuron	80	18.17 ± 1.09 a	72.00 ± 1.53 c	93.67 ± 1.45 b
氟铃脲 Hexaflumuron	80	18.43 ± 0.85 a	63.33 ± 2.03 d	92.00 ± 0.58 b
氟虫脲 Flufenoxuron	80	16.90 ± 0.67 b	77.67 ± 3.18 bc	93.67 ± 0.88 b
虫酰肼 Tebufenozide	80	15.50 ± 0.76 c	95.67 ± 1.45 a	94.00 ± 1.00 a
灭蝇胺 Cyromazine	80	18.77 ± 0.28 a	65.67 ± 2.91 d	92.00 ± 1.00 b

表中数值为四个重复的平均数 ± 标准误，数字后不同字母者表示方差分析在 $F_{0.05}$ 水平上差异显著，下同。The values in table were mean ± *SE* of four replicates. Means within a column followed by a common letter are not significantly different at $P = 0.05$. The same for the following tables.

2.1.2　对成虫寿命和繁殖力的影响：6 种昆虫生长调节剂处理 1 龄幼虫对成虫寿命和繁殖力的影响见表 2，氟铃脲、灭蝇胺和虱螨脲的处理，均可延长成虫的产卵前期 3 天左右，氟啶脲和氟虫脲也可延长成虫的产卵前期 2 天；虫酰肼、辛硫磷的处理和对照无明显差异。对成虫的寿命影响差异很大，氟铃脲和灭蝇胺处理的成虫寿命分别为 44.33 天和 46.33 天，较对照 68.67 天缩短 22.3 天和 24.3 天，影响最为显著；其次为虱螨脲 50.67 天，较对照缩短 18 天；氟虫脲和氟啶脲处理后较对照分别缩短 4 天和 3.3 天；虫酰肼和辛硫磷处理与对照无明显差异。

6 种昆虫生长调节剂处理 1 龄幼虫显著降低其成虫的产卵量，灭蝇胺处理的成虫单雌产卵量为 196.00 粒，较对照 391.00 粒降低 49.9%；氟铃脲和虱螨脲的产卵量分别为 252.00 粒和 265.00 粒，分别较对照降低 35.5% 和 32.2%，影响次之；氟虫脲和

氟啶脲对成虫产卵影响较小；虫酰肼和辛硫磷也低于对照。药剂处理1龄幼虫，对下一代卵的孵化率影响较小。

表2　6种昆虫生长调节剂 LC_{40-50} 浓度处理1龄幼虫对成虫寿命和繁殖力的影响

Table 2　Effect of six IGRs in LC_{40-50} concentrations on the adult longevity and fecundity of *Delia antique* with its 1st instar larvae treated

药剂 Insecticides	总试虫数（对） Number of tested adults (pair)	成虫产卵前期（天） Pre-oviposition period (d)	成虫寿命（天） Longevity of adult (d)	单雌产卵量（粒） Eggs laid per female	卵孵化率 Egg hatchability (%)
对照 CK	4×4	6.80±0.06 c	68.67±3.18 ab	391.00±2.31 a	95.86±0.67 a
辛硫磷 Phoxim	4×4	6.87±0.03 c	70.67±2.60 a	352.33±6.06 b	94.67±0.33 a
氟啶脲 Chlorfluazuron	4×4	8.90±0.17 b	65.33±2.03 b	323.67±5.21 c	92.00±1.53b
虱螨脲 Lurfenuron	4×4	9.67±0.09 a	50.67±0.88 c	265.00±12.86 d	93.73±0.33 ab
氟铃脲 Hexaflumuron	4×4	9.90±0.12 a	44.33±2.33 d	252.00±9.53 d	92.67±1.45 b
氟虫脲 Flufenoxuron	4×4	8.93±0.12 b	64.67±2.60 b	308.33±11.26 c	95.33±0.33 a
虫酰肼 Tebufenozide	4×4	7.13±0.09 c	67.33±2.33 ab	362.33±4.41 b	95.07±1.15 a
灭蝇胺 Cyromazine	4×4	9.70±0.15 a	46.33±2.03 d	196.00±6.93 e	92.13±0.10 b

2.2　6种昆虫生长调节剂处理葱蝇3龄幼虫对其生长发育和存活率的影响

2.2.1　对生长发育和存活率的影响：由表3看出，6种昆虫生长调节剂处理3龄幼虫，主要影响3龄幼虫的发育历期，灭蝇胺处理的为10.37天，较对照7.83天延长2.54天；氟铃脲、氟啶脲和虱螨脲的历期分别为10.37天、10.0天和9.87天，比对照分别延长2.54天、2.17天和2.04天；虫酰肼和氟虫脲处理的幼虫期也有延长；而辛硫磷处理的幼虫历期与对照无明显差异。6种昆虫生长调节剂和辛硫磷处理幼虫对其正常蛹的羽化率影响不大。表明昆虫生长调节剂具有延缓幼虫生长发育的作用，尤其灭蝇胺的作用更为突出。Silhacek和Porcheron(1990)曾报道蜕皮激素类的抑食肼对印度谷蛾的生长有抑制作用，可以延迟其蜕皮。本研究发现，6种昆虫生长调节剂处理3龄幼虫，对幼虫基本无直接杀死作用，主要影响化蛹，导致产生畸形蛹而不能正常羽化为成虫。

表3　6种昆虫生长调节剂 LC_{40-50} 浓度处理3龄幼虫对其历期和羽化率的影响

Table 3　Effect of six IGRs in LC_{40-50} concentrations on the development ration of 3rd instar larvae and emergence rate of *Delia antique* with its 3rd instar larvae treated

药剂 Insecticides	总试虫数（头） Number of tested larvae	3龄幼虫历期（天） Larval development period (d)	羽化率 Emergence rate (%)
对照 CK	80	7.83±0.22 c	98.38±1.67 a
辛硫磷 Phoxim	80	7.33±0.38 c	96.63±3.33 a
氟啶脲 Chlorfluazuron	80	10.0±0.90 a	93.38±1.86 b
虱螨脲 Lurfenuron	80	9.87±0.47 a	95.38±0.88 a
氟铃脲 Hexaflumuron	80	10.17±0.69 a	93.63±2.19 b
氟虫脲 Flufenoxuron	80	8.50±0.29 ab	93.75±2.08 b
虫酰肼 Tebufenozide	80	9.07±0.41 ab	95.38±2.67 a
灭蝇胺 Cyromazine	80	10.37±0.17 a	91.25±0.88 b

2.2.2　对成虫寿命和繁殖力的影响：6种昆虫生长调节剂处理3龄幼虫对成虫寿命和繁殖力的影响见表4，虱螨脲、氟铃脲、灭蝇胺、氟虫脲和氟啶脲的处理，都显著延长了成虫的产卵前期，约为1.9天～3天；虫酰肼、辛硫磷的处理和对照无明显差异。

处理3龄幼虫对成虫的寿命影响差异也很大，氟铃脲、灭蝇胺和虱螨脲处理的成虫寿命分别为42.0天、44.67天和47.67天，较对照62.67天分别缩短20.67天、18.0天和15.0天，影响最大；氟虫脲和氟啶脲的处理分别缩短2.67天和5.0天，对成虫寿命也有一定影响；虫酰肼和辛硫磷处理的成虫寿命与对照无差异。

成虫产卵量受药剂影响差异更大。灭蝇胺处理的成虫单雌产卵量为163.00粒，较对照386.00粒降低57.8%，对产卵量影响最大；氟铃脲和虱螨脲的产卵量分别为209.67粒和211.67粒，分别较对照降低45.7%和45.16%，影响次之；氟虫脲和氟啶脲对成虫产卵影响较前3种药剂又有下降，产卵量分别为308.33粒和283.33粒，较对照分别降低20.12%和26.6%；虫酰肼和辛硫磷处理的产卵量也低于对照。药剂处理3龄幼虫，对下一代卵的孵化率影响较小。

表 4　6 种昆虫生长调节剂 LC_{40-50} 浓度处理 3 龄幼虫对成虫寿命和繁殖力的影响

Table 4　Effect of six IGRs in LC_{40-50} concentrations on the adult longevity and fecundity of *Delia antique* with its 3rd instar larvae treated

药剂 Insecticides	总试虫数（对） Number of tested adults (Pairs)	成虫产卵前期（天） Pre-oviposition period (d)	成虫寿命（天） Longevity of adult (d)	单雌产卵量（粒） Eggs laid per female	卵孵化率 Egg hatchability (%)
对照 CK	4×4	6.50±0.15 c	62.67±1.76 a	386.00±4.93 a	97.73±0.33 a
辛硫磷 Phoxim	4×4	6.83±0.03 c	64.67±1.45 a	346.67±5.21 b	96.27±0.20 a
氟啶脲 Chlorfluazuron	4×4	8.37±0.19 b	57.67±2.96 ab	283.33±34.92 c	95.73±0.73 a
虱螨脲 Lurfenuron	4×4	9.50±0.29 a	47.67±3.18 b	211.67±4.33 d	92.67±1.70 b
氟铃脲 Hexaflumuron	4×4	9.40±0.23 a	42.00±2.08 c	209.67±6.94 d	91.33±0.33 b
氟虫脲 Flufenoxuron	4×4	8.53±0.27 b	60.00±1.53 a	308.33±5.49 b	95.73±0.33 a
虫酰肼 Tebufenozide	4×4	7.20±0.44 c	64.33±2.73 a	349.00±10.21 ab	96.73±1.45 a
灭蝇胺 Cyromazine	4×4	9.20±0.44 a	44.67±2.03 bc	163.00±2.65 e	91.73±0.33 b

成虫产卵动态见图 1，可以看出成虫产卵高峰期多在开始产卵后的第 9～18 天，约持续 10 天，卵峰期的产卵量约占总卵量的 50%～60%。经药剂处理的试虫，其成虫产卵量均有不同程度降低和产卵高峰日后移现象。灭蝇胺产卵格局变化最大，产卵量低且高峰不明显，对成虫繁殖影响极大；其次是虱螨脲和氟铃脲，氟虫脲和氟啶脲对成虫产卵量也有一定影响，而虫酰肼和辛硫磷对成虫产卵量几乎没有影响。

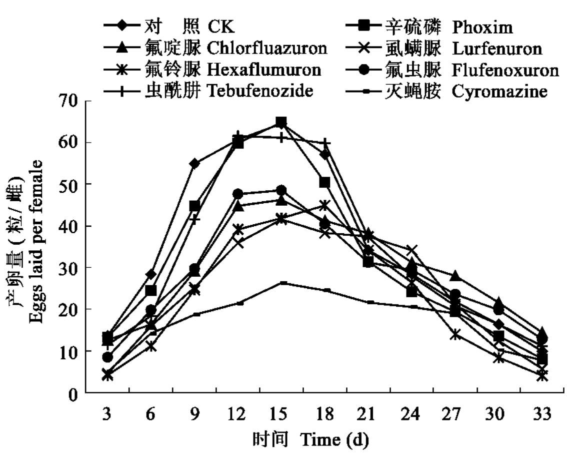


图 1　6 种昆虫生长调节剂 LC_{40-50} 浓度处理葱蝇 3 龄幼虫后其成虫的产卵动态

Fig.1　Effect of six IGRs in LC_{40-50} concentrations on eggs laid per female over time of *Delia antique* with its 3rd larvae treated

总之，灭蝇胺、氟铃脲、氟啶脲、氟虫脲和虱螨脲 5 种昆虫生长调节剂 LC_{40-50} 剂量处理幼虫，能严重影响葱蝇幼虫的生长发育和成虫的生殖能力，处理 1 龄幼虫，造成幼虫期幼虫持续死亡，幼虫发育历期延长，化蛹率降低，成虫产卵量降低，产卵前期延长，寿命缩短，但成虫羽化率和卵孵化率不受影响；处理 3 龄幼虫，幼虫期基本不死亡，幼虫历期略有延长；主要导致产生畸形蛹，畸形蛹不能羽化或者虽能羽化但羽化成虫不能产卵，正常蛹羽化的成虫产卵量也明显降低，产卵前期延长，寿命缩短，但卵孵化率不受影响。虫酰肼对该虫杀虫活性不高，且无明显的持续抑制效应，与辛硫磷相似。

2.3　葱蝇成虫取食 4 种昆虫生长调节剂对其生殖的影响

成虫取食 4 种昆虫生长调节剂对其繁殖力的影响见表 5，成虫连续取食用牛奶稀释的 2 000 倍的药液，可导致产卵前期延长；除取食虫酰肼的处理外，产卵量降低，卵孵化率降低，幼虫死亡率提高，显著降低了成虫的生殖能力。氟铃脲、氟啶脲和灭蝇胺可使产卵前期延长 1.7 天～2.7 天；灭蝇胺对产卵量影响最大，可降低 54.2%，其次是氟铃脲，降低 28.6%。氟啶脲处理后其卵孵化率最低，仅为 26.83%，比对照 99.47% 低了 72.64%；氟铃脲可使卵孵化率降低 47.9%；灭蝇胺也能使孵化率降低 17.57%。氟啶脲、氟铃脲和灭蝇胺的处理，孵化出的幼虫死亡率很高，分别达 100%、94.33% 和 100%。虫酰肼对成虫的繁殖力影响不明显。

3　讨论

3.1　昆虫生长调节剂的杀虫作用机制与选择性

昆虫生长调节剂是通过扰乱昆虫的生理机能，如影响昆虫脱皮、发育变态及干扰生殖机能等，最终达到控制害虫的目的（Dabire *et al*.，1999）。根据其作用方式以及化学结构的不同主要可分为几丁质合成抑制剂（CSI）、蜕皮激素及其类似物（EHA）和保幼激素及其类似物（JHA）三大类。本文中使用的灭蝇胺和虫酰肼属于蜕皮激素及其类似物（EHA），其化学结构分属于非固醇结构和三嗪胺类；氟铃脲、氟啶脲、虱螨脲和氟虫脲属几丁质合成抑制剂类，其化学结构为苯甲酰脲类。本研究证明，灭蝇胺对葱蝇幼

表 5 葱蝇成虫取食 4 种昆虫生长调节剂对其繁殖力和后代存活的影响

Table 5 Effects of four IGRs on reproduction and offspring survival of *Delia antique* with its adults feeding on them

药剂 Insecticides	浓度 Concentration (mg/L)	总试虫数(对) Number of tested adults (Pairs)	12 天成虫存活率 Adult survival rate (%)	产卵前期(天) Pre-oviposition period (d)	单雌产卵量(粒) Eggs laid per female	卵孵化率 Egg hatchability (%)	幼虫死亡率 Larval mortality (%)
对照 Blank	0	4×4	100.0	5.67±0.33 c	356.00±3.06 a	99.47±0.53 a	3.67±0.33 c
氟啶脲 Chlorfluazuron	25	4×4	96.8	7.67±0.88 ab	291.00±7.51 b	26.83±6.84 d	100.00 a
氟铃脲 Hexaflumuron	25	4×4	90.6	8.33±0.33 a	254.33±10.65 c	51.57±2.53 c	94.33±1.20 b
虫酰肼 Tebufenozide	100	4×4	96.8	6.33±0.33 b	343.00±7.00 a	97.47±0.62 a	4.00±0.58 c
灭蝇胺 Cyromazine	375	4×4	93.8	7.33±0.67 ab	163.00±6.35 d	81.90±4.29 b	100.00 a

虫的生长发育和成虫的生殖均有极大的影响,而虫酰肼的影响却很小,两者差异十分显著。据报道虫酰肼对鳞翅目昆虫的致毒作用突出,可引起昆虫产生致死性脱皮(Gurr *et al*., 1999)。灭蝇胺和其他的三嗪胺类化合物一样,会光解成三聚氰胺(Lim *et al*., 1990;Miller *et al*., 1996),持效期很长,对双翅目害虫生物活性高,防治番茄田的南美斑潜蝇 *Liriomyza huidobrensis* (Diptera:Agromyzidae)可有效控制期达 42 天 (Weintraub,2001),防治葱蝇幼虫可达 35 天(宋增明等,2004)。氟铃脲等苯甲酰脲类杀虫剂主要干扰鳞翅目昆虫表皮的沉积,抑制表皮几丁质的合成,多用于鳞翅目和直翅目害虫的防治(Hunter and Vincent,1965;Mulder and Gijswijt,1973;Ker,1977)。本研究发现该类药剂对双翅目葱蝇幼虫的生物活性突出,灭幼脲类药剂和灭蝇胺一样,除直接具杀幼虫活性外,主要可延长幼虫历期、降低化蛹率、产生畸形蛹,延长成虫产卵前期时间、缩短成虫寿命、降低产卵量,对其生长发育和繁殖表现出不利性。但同为灭幼脲类的虱螨脲、氟啶脲、氟铃脲和氟虫脲对葱蝇的生物活性也不尽相同,而虫酰肼对葱蝇的生物活性很低。

3.2 昆虫生长调节剂对成虫生殖力的影响

氟啶脲、氟铃脲和灭蝇胺饲喂葱蝇成虫不仅降低成虫的产卵量,而且对卵孵化率和幼虫的存活率有很大影响。Perez-Farinos 等(1998)在氟铃脲对一种甜菜象虫 *Aubeonymus mariaefranciscae* Roudier (Coleoptera:Curculionidae)的研究中,通过放射标记发现氟铃脲可以进入卵内,抑制胚胎发育和卵的孵化。Alam 等(2001)报道雌性家蝇取食加入到牛奶和糖水中的灭蝇胺后,抑制 F_1 代幼虫的发育,较高浓度的处理会引起幼虫的死亡。双翅目丝光绿蝇、家蝇、墨西哥按实蝇和地中海实蝇经过灭蝇胺处理后也有产卵量降低的现象(Levot and Shipp,1983;Friedel and McDonell, 1985;Martinez and Moreno, 1991;Moreno *et al*., 1994;Budia and Vinuela, 1996;Alam *et al*., 2001)。本研究又发现,氟铃脲处理葱蝇成虫,雌成虫取食牛奶的趋性减弱,腹部不能膨大,外观和雄虫近似,可能是卵巢发育受到了影响,产卵量减少,且卵孵化率明显降低。灭蝇胺处理后,雌虫腹部也膨大,但对产卵能力有很大影响,使腹部有卵不能产出。

3.3 昆虫生长调节剂在葱蝇防治中的应用价值

除虫酰肼外,灭蝇胺、氟铃脲等 5 种昆虫生长调节剂均能严重影响葱蝇的生长发育和繁殖,在葱蝇小龄幼虫期使用,不仅可直接杀死幼虫,降低田间虫口数量,减轻葱蝇的危害,还对存活的幼虫也有持续性的不利影响,并进一步影响到幼虫化蛹率、延长成虫产卵前期时间、缩短成虫寿命、降低产卵量和卵孵化率,持续控制效果十分明显。处理大龄幼虫可导致产生大量的畸形蛹,不能正常羽化成虫,且正常羽化的成虫产卵量降低。用灭蝇胺和氟铃脲防治葱蝇的田间药效试验也证明,两种药剂在田间表现出较长的的持效期(宋增明等,2004)。田间在应用该类药剂防治葱蝇幼虫时,应主治低龄,兼治大龄,并根据田间害虫发生情况有针对性选用药剂或将之与直接杀幼虫的药剂如辛硫磷合理混用。

目前对葱蝇的防治,生产上主要采用播种前药剂拌种处理和幼虫期对植株灌根施药(Taylor *et al*., 2001),但由于该幼虫钻蛀性危害,幼虫体壁较厚且光滑,再加之防治技术上的问题,难以取得理想效果。因葱蝇成虫产卵前需要取食花蜜等补充营养,雌虫多在晚上产卵,卵多聚产,且多产在植株基部及附近的土缝中或者叶腋间。本试验发现,成虫取食灭蝇胺、氟铃脲和氟啶脲,可使成虫产卵量减少、卵孵化率降低和幼虫死亡率提高等不利反应。因而,可根据成虫补充营养的特点,在成虫发生期,将有灭蝇胺和氟铃脲等昆虫生长调节剂混入牛奶或糖水中,分散放置田间诱集其取食,使成虫不产卵或难以孵出幼虫,有助于实现真正意义的害虫无公害治理。但诱集其取食的防治措施还有待进一步田间试验。

参 考 文 献（References）

Alam MJ，Funaki Y，Motoyama N，2001. Distribution and incorporation of orally ingested cyromazine into house fly eggs. *Pestic. Biochem. Physiol.*，70(2)：108 – 117.

Budia F，Vinuela E，1996. Effects of cyromazine on adult *C. capitata* (Diptera：Tephritidae) on mortality and reproduction. *J. Econ. Entomol.*，89(4)：826 – 831.

Dabire RA，Traore SN，Dabire CB，1999. Effect of buprofezin，an insect regulator，on *Bemisia tabaci* (Homoptera：Aleyrodidae) on tomato. In：Proceedings of the 5th International Conference on Pests in Agriculture. Part 3. Montpellier，France. 803 – 810.

Ellis PR，Eckenrode CJ，1979. Factors influencing resistance in *Allium* sp. to onion maggot. *Entomol. Soc. Am. Bull.*，25：151 – 153.

Friedel T，McDonell PA，1985. Cyromazine inhibits reproduction and larval development of the Australian sheep blowfly (Diptera：Calliphoridae). *J. Econ. Entomol.*，78(4)：868 – 873.

Gurr GM，Thwaite WG，Nicol HI，1999. Field evaluation of the effects of the insect growth regulator tebufenozide on entomophagous arthropods and pests of apples. *Aus. J. Entomol.*，38(2)：135 – 140.

Hayden J，Grafius E，1990. Activity of cyromazine (Trigard) on onion maggot larvae (Diptera：Anthomyiidae) in the soil. *J. Econ. Entomol.*，83：2 398 – 2 400.

Huang YL，Wang XH，1995. Outbreak patterns and management of onion maggot. *Journal of Changjiang Vegetable*，(4)：18 – 19. [**黄允龙，王新华**，1995. **葱地种蝇发生规律及防治. 长江蔬菜**，(4)：18 – 19]

Hunter E，Vincent JFV，1965. The effects of a novel insecticide on insect cuticle. *Experientia*，30(143)：2 – 3.

Jin BL，Qu YX，2005. Non-pollution control technology of onion disease and pest in Cangshan. *XianDai NongYe KeJi*，5：17. [**金保丽，曲艳霞**，2005. **苍山大蒜无公害生产病虫害防治技术. 现代农业科技**，5：17]

Jones FGW，Jones MG，1984. Pests of Field Crops. 3rd ed. London：Arnold. 392.

Ker RF，1977. Investigation of locust cuticle using the insecticide diflubenzuron. *J. Insect Physiol.*，6：39 – 48.

Leng XF，1994. Study advances of insect growth regulators. *Entomol. Knowl.*，31(1)：48 – 51. [**冷欣夫**，1994. **昆虫生长调节剂的研究进展. 昆虫知识**，31(1)：48 – 51]

Levot GW，Shipp E，1983. Interference to egg and larval development of the Australian sheep blowfly by three insect growth regulators. *Entomol. Exp. Appl.*，34(1)：58 – 64.

Lim LO，Scherer SJ，Shuler KD，Toth JP，1990. Disposition of cyromazine in plants under environmental conditions. *J. Agric. Food Chem.*，38：860 – 864.

Martinez J，Moreno D，1991. Effect of cyromazine on the oviposition of Mexican fruit fly (Diptera：Tephritaidae) in the laboratory. *J. Econ. Entomol.*，84(6)：1 540 – 1 543.

McDonald RH，Borden JH，1996. Dietary constraints on sexual activity，mating success，and survivorship of male *Delia antique*. *Entomol. Exp. Appl.*，81：243 – 250.

Miller R，Schmidtmann EE，Wauchope RD，Clegg CM，Herner AE，Weber H，1996. Urine delivery of cyromazine for suppressing house and stable flies (Diptera：Muscidae) in outdoor dairy calf hutches. *J. Econ. Entomol.*，89：689 – 694.

Moreno DS，Martinez AJ，Riviello MS，1994. Cyromazine effects on the reproduction of *Anastrepha ludens* (Diptera：Tephritidae) in the laboratory and in the field. *J. Econ. Entomol.*，87(1)：202 – 211.

Mulder R，Gijswijt MJ，1973. The laboratory evaluation of two promising new insecticides which interfere with cuticle deposition. *Pestic. Sci.*，4：737 – 745.

Nault BA，Straub RW，Taylor AG，2006. Performance of novel insecticide seed treatments for managing onion maggot (Diptera：Anthomyiidae) in onion fields. *Crop Protection*，25：58 – 65.

Perez-Farinos G，Smagghe G，Marco V，Tirry L，Castañera P，1998. Effects of topical application of hexaflumuron on adult sugar beet weevil，*Aubeonymus mariaefranciscae*，on embryonic development：pharmacokinetics in adults and embryos. *Pesti. Biochem. Physiol.*，61(3)：169 – 182.

Silhacek DHO，Porcheron P，1990. Action of RH-5849，a non-steroidal ecdysteroid mimic on *Plodia interpunctelle* in *vitro*. *Arch. Insect Biochem. Physiol.*，15(20)：1 – 12.

Song ZM，Xue M，Lu CB，2004. The toxicity and control effect of 6 insect growth regulators to the larvae of *Delia antique*. *Pesticide*，43(10)：474 – 477. [**宋增明，薛明，卢传兵**，2004. 6 **种药剂对葱蝇的毒力及控制效果. 农药**，43(10)：474 – 477]

Straub RW，Davis AC，1978. Onion maggot：evaluation of insecticides for protection of onions in muck soils. *J. Econ. Entomol.*，71：684 – 686.

Taylor AG，Eckenrode CJ，Straub RW，2001. Seed coating technologies and treatments for onions：challenges and progress. *HortScience*，36：199 – 205.

Wang YW，Xu JM，1990. Outbreak and management of onion maggot. *Xinjiang Farmland Reclamation Science & Technology*，(3)：17 – 18. [**王永卫，徐继明**，1990. **葱蝇的发生及其防治. 新疆农垦技术**，(3)：17 – 18]

Weintraub PG，2001. Effects of cyromazine and abamectin on the pea leafminer *Liriomyza huidobrensis* (Diptera：Agromyzidae) and its parasitoid *Diglyphus isaea* (Hymenoptera：Eulophidae) in potatoes. *Crop Protection*，20：207 – 213.

Yildrima E，Hoy CW，2003. Interaction between cyromazine and the entomopathogenic nematode *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar "GPS11" for control of onion maggot，*Delia antiqua* (Meigen). *Crop Protection*，22：923 – 927.

Zhang HC，1994. Occurrence and control technology of onion maggot. *Plant Protection Technology and Extension*，(5)：4 – 5. [**张洪才**，1994. **葱蝇在大蒜上的发生危害及防治措施. 植保技术与推广**，(5)：4 – 5]

（责任编辑：袁德成）